

UDC 61:57]:502/504:519.233.4:378.2+001]:174.7

DOI: 10.58407/bht.1.26.19



Copyright (c) 2026 Oleksandr Lukash, Anita Szikura, Olha Mekhed, Svitlana Strilets

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Олександр Лукаш, Аніта Сікура, Ольга Мехед, Світлана Стрілець
MANOVA ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОБРОЧЕСНОСТІ
МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Oleksandr Lukash, Anita Szikura, Olha Mekhed, Svitlana Strilets

MANOVA AS A TOOL FOR ENSURING THE INTEGRITY OF
BIO-MEDICAL AND ENVIRONMENTAL RESEARCH

АНОТАЦІЯ

Відтворюваність та доброчесність досліджень є важливими принципами наукових, зокрема медико-біологічних та екологічних, досліджень, з позицій реалізації цілей сталого розвитку та принципів відкритої науки.

Мета роботи. Метою роботи є довести, що застосування багатомірного дисперсійного аналізу у медико-біологічних та екологічних дослідженнях є інструментом забезпечення доброчесності наукової діяльності.

Методологія. У роботі використані результати досліджень авторів з метою ілюстрування переваг підходу MANOVA для циклічних даних у медико-біологічних та екологічних дослідженнях з позицій доброчесності. Застосований аналіз сучасних опублікованих робіт з проблеми використання статистичної обробки результатів наукових досліджень, а також використано загальнонаукові методи: абстрактно-логічний, індукції-дедукції та порівняння.

Наукова новизна. Розглянуто доречність застосування того чи іншого аналізу для вирішення ситуацій у медико-біологічних та екологічних дослідженнях, що включають статистичне порівняння більше двох груп, і часто з використанням даних, отриманих шляхом застосування складних експериментальних планів. На конкретних прикладах показано, як MANOVA покращує зменшує кількість хибнопозитивних результатів, підвищує статистичну ефективність, дозволяє виявити взаємодії між незалежними та залежними змінними, забезпечуючи повне уявлення про досліджувану систему, повноцінну інтерпретацію результатів та формулювання обґрунтованих висновків. Окреслено проблеми академічної доброчесності, пов'язані з використанням MANOVA: правильність процедури *post hoc* – описовим дискримінантним аналізом (DDA) та недостатність повідомлень про статистичне програмне забезпечення, яке використовується для аналізу кількісних даних.

Висновки. Багатомірний дисперсійний аналіз підвищує доброчесність медико-біологічних та екологічних досліджень одночасно тестуючи кілька залежних змінних, що дозволяє контролювати рівень хибнопозитивних помилок в експерименті. Він є статистично ефективнішим, ніж виконання кількох окремих аналізів. MANOVA також дозволяє виявляти взаємодії між факторами, залежними та незалежними змінними, краще фіксуючи складність організації біологічних та екологічних систем. Це призводить до більш повних та надійних результатів, особливо при роботі з кількома пов'язаними медико-біологічними або екологічними вимірюваннями.

Ключові слова: академічна доброчесність, багатомірний дисперсійний аналіз, екологія, медична біологія, наукові дослідження

ABSTRACT

Reproducibility and integrity of research are important principles of scientific, in particular biomedical and environmental, research, from the perspective of implementing sustainable development goals and the principles of open science.

Purpose of the work. The aim of the work is to prove that the use of multivariate analysis of variance in biomedical and environmental research is a tool for ensuring the integrity of scientific activity.

Methodology. The paper uses the authors' research results to illustrate the advantages of the MANOVA approach for cyclical data in biomedical and environmental research from an integrity perspective. An analysis of modern

published works on the problem of using statistical processing of scientific research results was applied, and general scientific methods were used: abstract-logical, induction-deduction and comparison.

Scientific novelty. The appropriateness of using one or another analysis to address situations in biomedical and environmental research involving statistical comparison of more than two groups, and often using data obtained through the application of complex experimental designs, is considered. Specific examples show how MANOVA improves and reduces the number of false positives, increases statistical efficiency, and allows for the identification of interactions between independent and dependent variables, providing a complete picture of the system under study, a full interpretation of the results, and the formulation of well-founded conclusions. Academic integrity issues related to the use of MANOVA are outlined: the validity of the post hoc procedure – descriptive discriminant analysis (DDA) and the lack of reporting on the statistical software used to analyze quantitative data.

Conclusions. Multivariate analysis of variance improves the integrity of life-science and environmental research by testing multiple dependent variables simultaneously, allowing for control of the rate of false positive errors in an experiment. It is statistically more efficient than performing multiple separate analyses. MANOVA also allows for the detection of interactions between factors, dependent and independent variables, better capturing the complexity of the organization of biological and ecological systems. This leads to more complete and reliable results, especially when working with multiple related biomedical or ecological measurements.

Key words: academic integrity, multivariate analysis of variance, ecology, medical biology, scientific research

Вступ

Схематичний зв'язок між окремими цілями сталого розвитку характеризує зв'язок «університет – якість досліджень – трансфер технологій – промисловість», де важливого значення надається доброчесності досліджень, зокрема процедурами внутрішнього та зовнішнього забезпечення їх якості (Artyukhov et al. (2021).

Прихильники відкритої науки також часто згадують питання, що стосуються доброчесності досліджень, і навпаки. У праці Haven et al. (2022) стверджується, що такі поняття, як відповідальна дослідницька практика, прозорість та відкрита наука, пов'язані одне з одним, але кожне з них має різний фокус. Відповідальна дослідницька практика більше зосереджена на ретельному проведенні досліджень, прозорість переважно зосереджена на повному звітуванні про дослідження, а основна увага відкритої науки зосереджена на поширенні результатів досліджень. Справедливе врахування цих понять вимагає дій від дослідників та дослідницьких установ, щоб зробити дослідження з доброчесністю можливими, легкими, нормативними та корисними (Haven et al., 2022). Отже, дослідницька доброчесність набуває важливості в дослідницькій спільноті, дозволяючи її членам довіряти попередній роботі та спиратися на неї, а також розвиваючи впевненість у своїх наукових результатах. Таким чином, довіра до дослідницької системи є результатом доброчесності досліджень. (Muthanna et al., 2024). Забезпечення доброчесності дослідницьких даних має вирішальне

значення для точності та відтворюваності будь-якого наукового дослідження, що базується на даних. Цього можна досягти лише шляхом встановлення та впровадження суворих правил обробки дослідницьких даних. Miller & Spiegel (2025) надають чіткі та практичні інструкції для всього дослідницького процесу, включаючи загальну стратегію збору даних, визначення змінних та рекомендації щодо обробки даних, що покращує стійкість та достовірність наукового дослідження, підкреслюючи критичну роль якості даних у них. Формування безпечного та доброчесного наукового середовища є ключовим методологічним аспектом у підготовці фахівців з громадського здоров'я (Deukun et al., 2025).

Відтворюваність та доброчесність досліджень є важливими принципами кожного наукового дослідження та відкриття. Вони служать доказом того, що усталену та задокументовану роботу можна перевірити, повторити та відтворити (Diaba-Nuhofo & Amponsah-Offeh, 2021).

У статті Li et al. (2025) представлено міжнаціональне дослідження, яке вивчає сприйняття та практику дослідників щодо дослідницької доброчесності. Результати показують кореляцію між дотриманням цінностей, рівнем прийняття дослідницької неправомірної поведінки та самостійно повідомленою дослідницькою неправомірною поведінкою. Це міжнаціональне дослідження виявляє значні відмінності в цих змінних серед дослідників з різних країн, а також пропонує цінну інформацію про ставлення та поведінку дослідників щодо дослідницької неправомірної поведінки,

сприяючи просуванню етичної дослідницької практики в усьому світі та підвищуючи довіру та чесність наукової діяльності.

Об'єктивне представлення результатів є важливим, наголошує Damasio (2024), і зазначає, що мало хто з науковців маніпулює результатами, а отже, й використовує інші види неправомірної поведінки, такі як фабрикація даних, фальсифікація та плагіат. Однак структурні та інституційні фактори, включаючи стимули для досліджень та системи визнання, відіграють важливу роль у дослідницькій поведінці. Тому сприяння доброчесності досліджень вимагає колективних зусиль усіх зацікавлених сторін для підтримки суспільної довіри до наукової спільноти та забезпечення надійності науки (Armond et al., 2024).

Доброчесність наукових досліджень тісно пов'язана зі статистичною обробкою. Доброчесність у наукових дослідженнях, зокрема біомедичних та екологічних, передбачає застосування статистичних моделей (Lukash et al., 2025). Відомо, що обґрунтована статистика забезпечує чесні, відтворювані та достовірні результати (надійність, точність), тоді як неправильне використання (наприклад, Р-хакінг, вибіркоче висвітлення) є науковою порушницею, підриває довіру та призводить до помилкових висновків. Точний, прозорий статистичний аналіз, що використовує відповідні методи та інструменти, є основоположним для підтримки доброчесності (Zhao et al., 2022) та відтворюваності досліджень, що робить статистичний етап критично важливим контрольним пунктом для етичного поводження з даними та достовірної науки.

У своїй статті Vardeman & Morris (2003) підкреслюють важливість неупередженості для статистиків і зазначають, що професійний статистик ніколи не повинен поводитися як адвокат у судовій залі, оскільки останній вибірково використовує докази, щоб представити правду (або її частину) у світлі, найбільш сприятливому для певної точки зору.

Для лінійних вимірювань існує добре відомий статистичний інструментарій. Проте деякі шкали вимірювання в науці за своєю суттю є періодичними, а не лінійними.

Циркулярні дані є поширеним явищем у медико-біологічних та екологічних дослідженнях. Багатовимірний дисперсійний аналіз – MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) пропонує суттєве розширення таких та інших наукових питань (Cleophas & Zwinderman, 2012), які можна вирішити статистично за допомогою циклічних даних (Landler et al., 2018, 2022). Саме тому цей аналіз активно використовується у сучасних дослідженнях фізіологічних параметрів організмів, зокрема людини, та екосистем. На нашу думку, крім методологічної модернізації та удосконалення дослідження, він є одним з інструментів забезпечення доброчесності наукових пошуків.

Метою роботи було довести, що застосування багатовимірного дисперсійного аналізу у медико-біологічних та екологічних дослідженнях є інструментом забезпечення доброчесності наукової діяльності.

Матеріали та методи дослідження

У роботі використані результати авторських досліджень (Kurhaluk et al., 2022; Lukash et al., 2024, 2025a, Tkaczenko et al., 2024) з метою ілюстрування переваг підходу MANOVA для циклічних даних у медико-біологічних та екологічних дослідженнях з позицій доброчесності. Застосований аналіз сучасних опублікованих робіт з проблеми використання статистичної обробки результатів наукових досліджень, а також використано загальнонаукові методи: абстрактно-логічний, індукції-дедукції та порівняння.

Результати дослідження та обговорення

Високоякісні результати у природничих та медичних науках базуються на доброчесно отриманих дослідницьких даних. Доброчесність є невід'ємною частиною життєвого циклу дослідницьких даних завдяки своїй критичній ролі в точності дослідження, відтворюваності, реплікації та повторному використанні даних (Condon et al., 2022). Доброчесність дослідницьких даних тісно пов'язана з управлінням даними, якістю даних та безпекою даних (рис. 1).

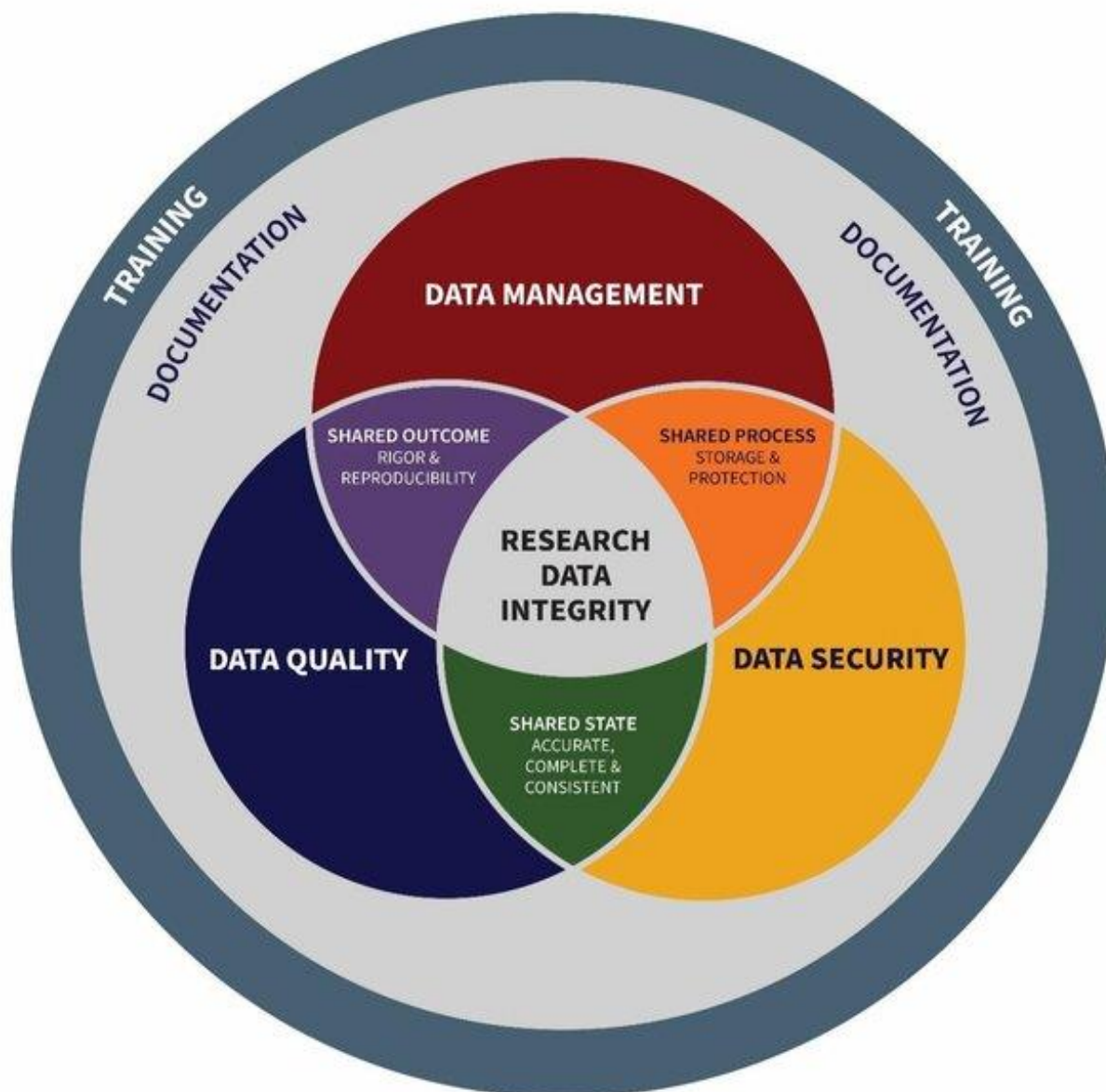


Рис 1. Концептуальна модель доброчесності дослідницьких даних. Візуальне представлення основних компонентів доброчесності дослідницьких даних, взаємодії між цими компонентами та фундаментальної ролі документації та навчання (Condon et al., 2022)

Збір даних, які є надійними, достовірними, валідними та безпечними протягом усього дослідницького процесу, вимагає цілеспрямованого планування доброчесності дослідницьких даних та ретельного врахування дій життєвого циклу дослідницьких даних, таких як збір, аналіз та збереження даних. Крім того, цілеспрямоване планування дозволяє дослідникам проводити ретельні дослідження та отримувати результати, які є відтворюваними, повторюваними та повторно використовуваними (Condon et al.,

2022). Вчені повинні мати можливість довіряти результатам досліджень своїх колег та спиратися на них. Diaba-Nuhoho & Amponsah-Offeh (2021), зазначаючи, що наукові інновації та дослідницькі відкриття, особливо в галузі медицини, сприяють покращенню життя пацієнтів та збільшенню тривалості життя наголошують на тому, що зростаюча стурбованість щодо недотримання належних наукових принципів призвела до проблем із доброчесністю та відтворюваністю досліджень. Погана відтворюваність та добро-

чесність, таким чином, можуть призвести до неефективних втручань та застосувань. Запобігти таким ситуаціям може застосування доречних методів статистики.

Розглянемо доречність застосування того чи іншого аналізу для вирішення ситуацій у медико-біологічних та екологічних дослідженнях, що включають статистичне порівняння більше двох груп, і часто з використанням даних, отриманих шляхом застосування складних експериментальних планів. Дисперсійний аналіз (ANOVA) у своїх численних формах використовується для одночасної перевірки рівності всіх груп у дослідженні. Однофакторний (з однією незалежною змінною), двофакторний (з двома незалежними змінними) та повторно-вимірковий (наприклад, пацієнти служать контролем) ANOVA є формами цієї методики. Кожна форма була розроблена для аналізу даних з певного експериментального плану. Коваріаційний аналіз (ANCOVA) дозволяє досліднику контролювати змінні, що впливають на реакцію залежної змінної. Нарешті, багатовимірний дисперсійний аналіз (MANOVA) оцінює одночасну реакцію кількох залежних змінних на ≥ 1 незалежну змінну (Lumivero, 2026). У той час як ANOVA є правильною альтернативою статистично невідповідним множинним t-тестам, MANOVA є правильною альтернативою статистично невідповідним множинним одновимірним розрахункам ANOVA. Використання кожного з цих статистичних методів вимагає відповідного експериментального плану та даних, що відповідають ряду припущень. При правильному використанні кожен із цих методів забезпечує потужний метод статистичного аналізу (Gaddis, 1998).

Наш досвід показує, що MANOVA покращує зменшує кількість хибнопозитивних результатів, так званих помилок I типу. Аналізуючи кілька залежних змінних одночасно, MANOVA допомагає запобігти кумулятивному збільшенню ризику помилок I типу порівняно з тим, коли для кожної змінної проводилися б окремі тести на значущість. Крім того, MANOVA підвищує статистичну ефективність, адже ефективніше виявляє справжні відмінності, оскільки враховує кореляції між залежними змінними, визначаючи справжні фактори, що діють, в рамках єдиної інтегрованої моделі. Наведемо два приклади.

Так, під час дослідження накопичення радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr домінантами та співдомінантами березово-соснових лісів на півночі України аналіз β -коефіцієнтів у MANOVA показав фактори (наприклад, ярус $\beta=2,601\pm 0,159$, $p=0,000$, вид рослин $\beta=-0,429\pm 0,151$, $p=0,005$, частина рослини $\beta=-2,456\pm 0,101$, $p=0,000$), які мали значний вплив на накопичення радіонуклідів у досліджуваних лісах (Lukash et al., 2024).

Як приклад, багатовимірні тести значущості були використані для аналізу даних з використанням T-коефіцієнта для оцінки відмінностей між середніми значеннями групи в MANOVA та F-теста для виявлення значущих відмінностей між трьома групами в межах складних наборів даних (фотоперіод, стать та рівень фізичної активності) під час аналізу сезонно-залежного компонента в оцінці морфологічних та біохімічних показників крові шотландських поні (Tkaczenko et al., 2024).

Крім того, MANOVA може виявити взаємодії між незалежними та залежними змінними, які були б пропущені в окремих аналізах, забезпечуючи повне уявлення про досліджувану систему. Так, аналіз дозволив з'ясувати, чи існують статистично значущі відмінності в концентраціях ^{90}Sr та ^{137}Cs між різними типами екосистем (наприклад, псамофітними, рудеральними, лучними та болотними) та відмінності в цих концентраціях у залежності від типу біоморфи або виду рослини у заплавах екосистемах Дніпра (Lukash et al., 2025a).

Дуже важливим аспектом доброчесності є забезпечення повної інтерпретації, що дозволяє формулювання обґрунтованих висновків. MANOVA дозволяє перевіряти гіпотези на єдиній інтегрованій моделі, зокрема розглядати кілька залежних змінних як уніфікований набір результатів, що дуже важливо для медико-біологічних досліджень. Як приклад, при виявленні залежних від фотоперіоду змін маркерів оксидативного стресу в крові MANOVA дозволив достовірно встановити, що фактор фотоперіоду відігравав провідну роль у змінах цих біомаркерів, тоді як фізичні навантаження та стать поні мали менший вплив (Kurhaluk et al., 2022). Крім того, ефективне використання MANOVA у дослідженнях громадського здоров'я дозволяє оцінити відмінності в результатах лікування різних груп населення та різних втручань

(Buderer & Brannan, 2024) з гарантією доброчесності клінічних випробувань.

Отже MANOVA пропонується для досліджень з кількома групами, що є типовими для досліджень результатів. Цей метод можна використовувати для великої кількості конкретних дослідницьких дизайнів (Cleophas & Zwinderman, 2012), коли збираються кілька показників результатів. Крім того, MANOVA пропонує дві конкретні переваги порівняно з більш звичними одновимірними підходами: він забезпечує кращий контроль над коефіцієнтами помилок першого типу, зберігаючи при цьому статистичну потужність, і дозволяє більш ретельно аналізувати складні дані (Spector, 1981.).

Однак MANOVA та пов'язані з ним процедури часто не розуміються належним чином. Це у своєму дослідженні ілюструє Warne (2014), підкреслюючи, що лише деякі з MANOVA, опублікованих у науковій літературі, супроводжувалися правильною процедурою *post hoc* – описовим дискримінантним аналізом (DDA). Warne (2014) наводить приклад простого MANOVA з реальними даними про психічне здоров'я 4384 підлітків, щоб показати, як інтерпретувати результати MANOVA.

Проблему недостатності повідомлень про статистичне програмне забезпечення, яке використовується для аналізу кількісних даних у публікаціях на прикладі наукових журналів з медсестринства піднімають

Hedlund & Lindberg (2024). Вони проаналізували статті, опубліковані у 2023 році у п'яти найвищих та п'яти найнижчих рейтингах журналів з медсестринства, і виявили, що в одному з 10 досліджень не повідомлялося про використане програмне забезпечення. Разом з тим найчастіше використовуваним дослідниками статистичним програмним забезпеченням було IBM SPSS Statistics. З точки зору підтримки доброчесності досліджень, це створює проблему, оскільки ставить під загрозу прозорість, щирість і, як наслідок, здатність відтворювати методи та мати впевненість у результатах (Hedlund & Lindberg, 2024).

Висновки

Багатовимірний дисперсійний аналіз підвищує доброчесність медико-біологічних та екологічних досліджень одночасно тестуючи кілька залежних змінних, що дозволяє контролювати рівень хибнопозитивних помилок в експерименті. Він є статистично ефективнішим, ніж виконання кількох окремих аналізів. MANOVA також дозволяє виявляти взаємодії між факторами, залежними та незалежними змінними, краще фіксуючи складність організації біологічних та екологічних систем. Це призводить до більш повних та надійних результатів, особливо при роботі з кількома пов'язаними медико-біологічними або екологічними вимірюваннями.

Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автори Олександр Лукаш, Аніта Сікура та Ольга Мехед є членами редакційної колегії Biota. Human. Technology. Вони не брали участі в процесі прийняття редакційних рішень, рецензування чи прийняття цього рукопису. Автори не мають інших конфліктів інтересів, про які слід зазначити / Authors Oleksandr Lukash, Anita Szikura, Olha Mekhed are the members of the editorial board of Biota. Human. Technology. They were not involved in the editorial decision-making, peer review, or acceptance process for this manuscript. The authors have no other conflicts of interest to note.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних / This study did not use generative artificial intelligence or AI-enabled technologies to collect, analyze, or interpret data.

References

- Armond, A. C. V., Cobey, K. D., & Moher, D. (2024). Research Integrity definitions and challenges. *Journal of clinical epidemiology*, 171, 111367. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2024.111367>
- Artyukhov, A., Krmela, J., Krmelova, V., Volk, I. (2021). Quality of Scientific Activity, Technology Transfer and Research Integrity: Case of Ukrainian University. *Business Ethics and Leadership*, 5(4), 101–109. [https://doi.org/10.21272/bel.5\(4\).101-109.2021](https://doi.org/10.21272/bel.5(4).101-109.2021)
- Buderer, N. M., & Brannan, G. D. (2024). Comparing the Means of Independent Groups: ANOVA, ANCOVA, MANOVA, and MANCOVA. In *StatPearls* (pp. 51–72). StatPearls Publishing. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39163457/>
- Cleophas, T. J., & Zwinderman, A. H. (2012). Multivariate Analysis of Variance (35 and 30 Patients). In *SPSS for Starters, Part 2* (pp. 13–19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4804-0_4
- Condon, P., Simpson, J., & Emanuel, M. (2022). Research data integrity: A cornerstone of rigorous and reproducible research. *IASSIST Quarterly*, 46(3), 1–21. <https://doi.org/10.29173/iq1033>
- Damasio, E. (2024). Research Integrity and Publish or Perish: Definitions and Relations. Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202304.0051.v2>
- Deykun, M. P., Lukash, O. V., & Mekhed, O. B. (2025). Methodological aspects of forming a safe and virtuous educational and scientific environment during the training of public health specialists. *Health & Education*, 3, 297–302. <https://doi.org/10.32782/health-2025.3.34>
Дейкун М. П., Лукаш О. В., Мехед О. Б. Методологічні аспекти формування безпечного та добросесного освітнього та наукового середовища під час підготовки фахівців громадського здоров'я. *Health & Education*. 2025. Вип. 3. С. 297–302. <https://doi.org/10.32782/health-2025.3.34>
- Diaba-Nuhoho, P., & Amponsah-Offeh, M. (2021). Reproducibility and research integrity: the role of scientists and institutions. *BMC Res Notes*, 14, 451. <https://doi.org/10.1186/s13104-021-05875-3>
- Gaddis, M. L. (1998). Statistical methodology: IV. Analysis of variance, analysis of covariance, and multivariate analysis of variance. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine*, 5(3), 258–265. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.1998.tb02624.x>
- Haven, T., Gopalakrishna, G., Tjldink, J., van der Schot, D., & Bouter, L. (2022). Promoting trust in research and researchers: How open science and research integrity are intertwined. *BMC research notes*, 15(1), 302. <https://doi.org/10.1186/s13104-022-06169-y>
- Hedlund, Å., & Lindberg, M. (2024). A matter of research integrity: the reporting of statistical software used in studies published in nursing journals in 2023. *Learned publishing*, 37(4), e1622. <https://doi.org/10.1002/leap.1622>

- Kurhaluk, N., Lukash, O., & Tkachenko, H. (2022). Photoperiod-dependent changes in oxidative stress markers in the blood of Shetland pony mares and stallions involved in recreational horseback riding. *Chronobiology International*, 39(1), 1419–1434. <https://doi.org/10.1080/07420528.2022.2115922>
- Landler, L., Ruxton, G. D., & Malkemper, E. P. (2018). Circular data in biology: advice for effectively implementing statistical procedures. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 72, 128. <https://doi.org/10.1007/s00265-018-2538-y>
- Landler, L., Ruxton, G. D., & Malkemper, E. P. (2022). The multivariate analysis of variance as a powerful approach for circular data. *Movement ecology*, 10(1):21. <https://doi.org/10.1186/s40462-022-00323-8>
- Li, D., Mach, L.T. & Cornelis, G. (2025). Aligning Scientific Values and Research Integrity: A Study of Researchers' Perceptions and Practices in Four Countries. *Science and Engineering Ethics*, 31, 15. <https://doi.org/10.1007/s11948-025-00539-y>
- Lukash, O., Tkachenko, H., Szikura, A., Mekhed, O. & Kurkhalyuk, N. (2025). The problem of integrity of modern medical and environmental research. *Biota. Human. Technology*, 3, 231–237. <https://doi.org/10.58407/bht.3.25.21>
Лукаш О., Ткаченко Г., Сікура А., Мехед О., Кургалюк Н. Проблема доброчесності сучасних біомедичних та екологічних досліджень. *Biota. Human. Technology*. 2025. No 3. С. 231–237. <https://doi.org/10.58407/bht.3.25.21>
- Lukash, O., Tkaczenko, H., Yakovenko, O., Szikura, A., & Kurhaluk, N. (2024). Accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides by dominants and co-dominants of birch-pine forest communities in Northern Ukraine. *iForest*, 17(6), 386–393. <https://doi.org/10.3832/ifor4577-017>
- Lukash, O., Yakovenko, O., Miroshnyk, I., Tkaczenko, H., Szikura, A., Strilets, S., & Kurhaluk, N. (2025a). Assessment of radioisotope concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the herbaceous phytocenoses plants of the Dnieper river floodplain ecosystems (northern Ukraine). *Journal of Hazardous Materials*, 494, 138406. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138406>
- Lumivero (2026). Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). XLSTAT by Lumivero. <https://www.xlstat.com/solutions/features/multivariate-analysis-of-variance-manova>
- Miller, G., & Spiegel, E. (2025). Guidelines for research data integrity (GRDI). *Scientific Data*, 12, 95. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-04312-x>
- Muthanna, A., Chaaban, Y., & Qadhi, S. (2024). A model of the interrelationship between research ethics and research integrity. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-Being*, 19(1). <https://doi.org/10.1080/17482631.2023.2295151>
- Spector, P. E. (1981). Multivariate data analysis for outcome studies. *American journal of community psychology*, 9(1), 45–53. <https://doi.org/10.1007/BF00896359>
- Tkaczenko, H., Lukash, O., & Kurhaluk, N. (2024). Analysis of the season-dependent component in the evaluation of morphological and biochemical blood parameters in Shetland ponies of both sexes during exercise. *Journal of veterinary research*, 68(1), 155–166. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2024-0017>
- Vardeman, S. B., & Morris, M. D. (2003). Statistics and Ethics: Some Advice for Young Statisticians. *The American Statistician*, 57(1), 21–26. <https://doi.org/10.1198/0003130031072>
- Warne, R., (2014) A Primer on Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) for Behavioral Scientists. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 19(1), 17. <https://doi.org/10.7275/sm63-7h70>

Zhaao, L., Lia, Y., Fenga, Y., Zhanga, H., & Zhanga, M. (2022). Research on the influencing factors of scientific researchers' integrity based on grounded theory. *Procedia Computer Science*, 214, 1467–1475. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.11.332>

Received: 18.01.2026. **Accepted:** 11.02.2026. **Published:** 06.04.2026.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Лукаш О., Сікура А., Мехед О., Стрілець С. MANOVA як інструмент забезпечення доброчесності медико-біологічних та екологічних досліджень. *Biota. Human. Technology*. 2026. № 1. С. 226-234. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.1.26.19>

Cite this article in APA style as:

Lukash, O., Szikura, A., Mekhed, O., & Strilets, S. (2026). MANOVA yak instrument zabezpechennia dobrochesnosti medyko-biologichnykh ta ekolohichnykh doslidzhen [MANOVA as a tool for ensuring the integrity of bio-medical and environmental research]. *Biota. Human. Technology*, (1), 226-234. <https://doi.org/10.58407/bht.1.26.19> (in Ukrainian)

Information about the authors:

Lukash O. [in Ukrainian: **Лукаш О.**] ¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: lukash2011@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2702-6430 Scopus-Author ID: 57202369398

Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium" 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Szikura A. [in Ukrainian: **Сікура А.**] ², Cand. Sc. (Biol.), Prof., email: szikura.anita@kmf.org.ua

ORCID: 0000-0002-6474-4821

Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University 6 Education Kossuth Square, 90202, Berehove, Transcarpathia, Ukraine

Mekhed O. [in Ukrainian: **Мехед О.**] ³, Cand.Sc. (Biol.), D.Sc. (Pedagogics), Prof., email: mekhedolga@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9485-9139 Scopus Author ID: 6506181994

Department of Biology and Human Health, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium" 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Strilets S. [in Ukrainian: **Стрілець С.**] ⁴, D.Sc. (Pedagogics), Prof., email: sv.strilets@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2854-9188 Scopus Author ID: 57219441731

Faculty of Preschool, Primary Education and Arts, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium" 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, manuscript preparation.

² Manuscript preparation, data collection.

³ Manuscript preparation, data collection.

⁴ Manuscript preparation, data collection.